

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

**OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE V ČR**  
RENEWABLE ENERGY SOURCES IN CR

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**PAVEL SEDLÁK**

**VEDOUcí PRÁCE**  
SUPERVISOR

**DOC. ING. JAN FIEDLER, DR.**

*BRNO 2009*

zadání bakalářské práce

## Abstrakt

Obsahem bakalářské práce je odborná rešerše obnovitelných zdrojů energie v České republice. Rozebírány jsou jednotlivé druhy obnovitelných energií. A to zejména energie větru, energie vody, energie slunce a biomasa. V každé kapitole se čtenář dočte o vývoji, principu činnosti, technických charakteristikách, vlivu na přírodu a potenciál v České republice. Na závěr je pojednáváno o ekonomice a legislativě, a to zejména o možných podporách a cenách jednotlivých obnovitelných zdrojů energie.

## Abstract

The content of bachelor study is the technical recherche of the renewable resources of energy in the Czech Republic. I'm ineterested in a kind of renewable resources of energy. This especially contains wind energy, hydroenergy, solar energy and biomass. In each chapter you can find some informations about development, principle of function, technical characteristics, environmental impact and potential in the Czech Republic. At the end of this study are noted economy and legislation especially supports and prices of each renewable resource of energy.

## Klíčová slova

obnovitelné zdroje energie, vítr, voda, slunce, biomasa, energie, vývoj, princip činnosti, technologie, potenciál, ekonomika

## Key words

renewable resources of energy, wind, water, sun, biomass, energy, development, principle of function, technology, potential, economy

## **Bibliografická citace**

SEDLÁK, Pavel. *Obnovitelné zdroje energie v ČR*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 31 s. Vedoucí práce doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce. Vycházel jsem při tom ze svých znalostí, odborných konzultací a literárních zdrojů.

V Brně, dne ..... Podpis .....

Sedlák

## Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Janu Fiedlerovi, Dr. za jeho odborné vedení a věnovaný čas. Poděkování patří také mé přítelkyni, která se udatně poprala s korekturou mého češtinářského umu. Také bych chtěl poděkovat rodině, za jejich pochopení a podporu mého studentského života.

## Obsah

Úvod.....	8
1. Obnovitelné zdroje energie.....	9
1.1 Uvedení do problematiky.....	9
1.2 Potenciál OZE v České republice.....	9
2. Větrná energie.....	10
2.1 Poohlédnutí za vývojem.....	10
2.2 Princip činnosti větrných elektráren.....	10
2.3 Technické charakteristiky větrných elektráren.....	11
2.3.1 Kategorie větrných elektráren.....	11
2.3.2 Vrtule větrných elektráren.....	11
2.3.3 Větrné elektrárny s převodovkou a bez převodovky.....	12
2.4 Větrný potenciál na území ČR.....	13
2.5. Větrné elektrárny a životní prostředí.....	13
3. Vodní energie.....	14
3.1 Poohlédnutí za vývojem.....	14
3.2 Princip činnosti vodní elektrárny.....	14
3.3 Technické charakteristiky vodních elektráren.....	15
3.3.1 Turbíny.....	15
3.4 Hydroenergetický potenciál na území ČR.....	17
4. Sluneční energie.....	18
4.1 Poohlédnutí za vývojem.....	18
4.2 Princip činnosti sluneční elektrárny.....	18
4.3 Technické charakteristiky slunečních elektráren.....	19
4.3.1 Solární články.....	19
4.3.2 Fotovoltaický systém.....	20
4.4 Sluneční potenciál, návratnost, životní prostředí.....	20
4.4.1 Vliv solárních zařízení na životní prostředí.....	20
4.4.2 Sluneční potenciál v ČR.....	20
4.4.3 Návratnost.....	20
5. Biomasa.....	21
5.1. Současné využití.....	21
5.1.1 Spalování.....	21
5.1.2 Termo – chemické přeměny.....	22
5.1.3 Bio – chemické přeměny.....	22
5.2 Paliva biomasy.....	22
5.3 Potenciál biomasy v ČR.....	23
6. Ekonomika a legislativa výroby elektřiny z OZE.....	23
6.1. Základní druhy podpor.....	24
6.2 Současné ceny elektrické energie.....	24
Závěr.....	26
Seznam použitých zdrojů.....	28
Seznam použitých zkratk.....	31

## Úvod

Pro moji bakalářskou práci jsem si zvolil téma obnovitelných zdrojů energie v České republice. Důvodem této volby je především můj zájem o energetické inženýrství a energetickou oblast jako celku. Mohlo by se zdát, že toto téma zahrnuje velké spektrum informací. K tomu mohu pouze dodat: „Ano, je tomu skutečně tak“. Ale právě proto je toto téma pro mě ideálním. Mohu díky němu nastudovat mnoho informací týkajících se energetiky a zjistit, zda je tento obor perspektivní, nebo ne.

Energetika je průmyslové odvětví, které se zabývá distribucí a získáváním všech forem energie. A to, že lidstvo ke svému životu energii potřebuje, si v dnešní moderní době uvědomuje už snad každý. Se vzrůstajícími technologickými pokroky se však nároky na výrobu energie zvyšují. Pomocí nejrůznějších zařízení a strojů přeměňujeme mechanickou energii na energii elektrickou a tepelnou, kterou každý využíváme, ať už v našich domácnostech, školách či pracích. Tato energie je nedílnou součástí našeho každodenního života, byť si její přítomnost mnohdy neuvědomujeme. K tomuto procesu přeměny energie nám slouží nejrůznější zdroje energie, a to zejména v podobě fosilních paliv a obnovitelných zdrojů energie.

S postupným snižováním zásob fosilních paliv si lidstvo začíná uvědomovat svoji závislost na těchto vyčerpatečných zdrojích, a proto se v dnešní době začíná stávat hojně diskutovaným tématem právě obnovitelné zdroje energie. Pod tímto pojmem si pak můžeme představit takové energetické zdroje, které jsou v přírodě volně dostupné a jejichž zásoba se jeví jako nevyčerpatečná, nebo se obnovuje zároveň s potřebným využitím.

Cílem této práce je provést čtenáře postupně větrnou energií, vodní energií, sluneční energií a biomasou. Geotermální energii nebudu podrobně rozvádět, protože jsem toho přesvědčen, že v České republice nenachází velkého uplatnění. Práci budu psát především z pohledu výroby elektrické energie v elektrárnách a důraz budu klást na principy činnosti elektráren a jejich jednotlivé technické charakteristiky. Opomenuty nezůstanou ani otázky vlivu elektráren na životní prostředí spolu s otázkami potenciálu - využití v České republice. Na závěr se budu soustředit na důležitou otázku ekonomických podpor obnovitelných zdrojů energie.



# 1. Obnovitelné zdroje energie

## 1.1 Uvedení do problematiky

V České republice (dále už jen ČR) jsou dodnes nejvíce používanými zdroji energie fosilní paliva, mezi které řadíme např. ropu, zemní plyn, uhlí a štěpné látky. Jejich značnou výhodou je zaběhlá tradice, vysoká výhřevnost, a s tím spojená nižší cena. Avšak zkušenost s postupem času ukazuje i nevýhody. Mezi ty nejzávažnější patří fakt, že ač jsou tyto materiály přírodní, tak je rozhodně nemůžeme považovat za nevyčerpatelné zdroje. Co se v přírodě vytvářelo několik milionů let, to naše generace chce zužitkovat - a také s největší pravděpodobností zužitkuje - za pár staletí. Pochopitelným důsledkem je pak zvyšující se cena těchto paliv. Dále dochází i k dalším negativním dopadům, a to na naši přírodu. Při těžbě a následném zpracování fosilních paliv vznikají emise CO<sub>2</sub> a další skleníkové plyny, a tím dochází k zhoršování životního prostředí. Jen pro představu, *asi jedna třetina energie v elektrárnách je využita pro výrobu elektřiny. Zbylé dvě třetiny ucházejí do ovzduší.*<sup>[1]</sup>

Značné nevýhody spojené s využíváním fosilních paliv nás přivádí na myšlenku, jestli se v minulosti naše energetika ubírala správným směrem. Tuto otázku si budeme moci zodpovědět až s postupem času. Skutečnost je však taková, že se stále více do popředí tlačí obnovitelné zdroje energie (dále už jen OZE), které by mohly časem nahradit dosud dominující fosilní paliva, pokrývající s 95,3 % výrobu elektrické energie.<sup>[3]</sup>

To, že obnovitelná energie bude muset v budoucnu tvořit větší procento celkové spotřeby v ČR, si uvědomuje i naše vláda. S pomocí EU vydala systémy a mechanismy podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů (viz kapitola 6). Na nichž je prozatím rozvoj tohoto odvětví závislý. To, že tento problém začíná být aktuální, dokazuje i průzkum statistického úřadu EU Eurostat. Ten tvrdí, *že 90 % občanů členských zemí považuje zvyšování podílu alternativních zdrojů energie na bilanci spotřeby energie za jeden z prioritních úkolů svých vlád.*<sup>[2]</sup>

Co si představit pod pojmem OZE jsem už vysvětloval v samotném úvodu práce. Proto už jen pro doplnění zmíním jaké druhy energie k OZE patří:

- vodní energie
- větrná energie
- sluneční energie
- biomasa
- geotermální energie

## 1.2 Potenciál OZE v České republice

V současné době je na spotřebu elektrické energie využíváno 4,7 % OZE. Z toho téměř 60 % pokrývá vodní energie, 30 % biomasa. Zbylé procenta patří větrné, sluneční a geotermální energii, které se však poslední dobou nejrychleji rozvíjejí, proto můžeme čekat jejich rychlý nárůst. S tímto stavem není spokojena EU, která požaduje zvýšení podílu OZE k roku 2020 na 20 % pro všechny členské státy. Vzhledem k přírodním podmínkám v ČR, bylo sníženo toto kritérium na 13 %.<sup>[3]</sup>

Toto snížení požadavků EU je založeno na tom, že ČR jakožto středoevropský stát nemá ideální podmínky pro získávání energie z obnovitelných zdrojů. Sluneční svit zde nedosahuje intenzity jakou se mohou pochlubit například státy jižní Evropy. Vodní potenciál není nejpříznivější, protože ležíme na rozhraní několika povodí a většina řek u nás pramení. Také větrnostní podmínky nejsou nejideálnější. Tyto důvody napomáhají tomu, že OZE nejsou u nás tolik rozšířeny.

## 2. Větrná energie

### 2.1 Poohlédnutí za vývojem

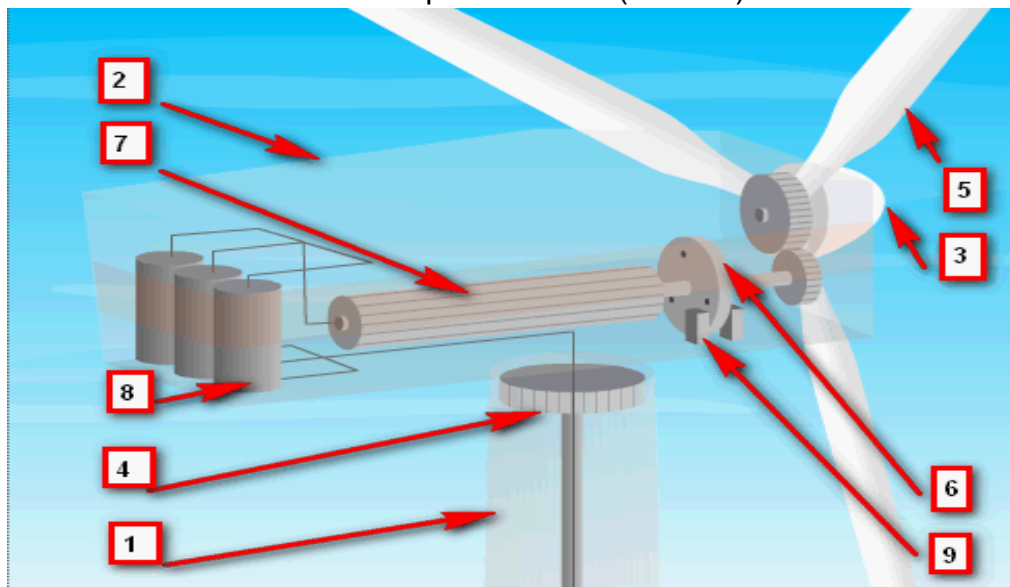
V minulosti byla větrná energie využívána pro pohon větrných mlýnů. Prvním historicky doloženým mlýnem na území Čech, Moravy a Slezska, byl mlýn postavený v Praze na zahradě Strahovského kláštera roku 1277. Další způsob využití větru přichází až začátkem dvacátého století, kdy dochází k pohonu vodních čerpadel pomocí větrných turbín.<sup>[1]</sup>

K využívání větrné energie pro výrobu elektrické energie dodávané do rozvodních sítí dochází na přelomu osmdesátých a devadesátých let minulého století. Hlavním impulzem pro tento typ využívání větrné energie byla stále zhoršující se ekologická krize, která vycházela z možnosti vyčerpání neobnovitelných zdrojů a produkce skleníkových plynů. Další impuls pro rozvoj větrné energetiky dala organizace OPEC. Ta uvalila embargo na dovoz ropy pro vyspělé státy, které si díky tomuto kroku uvědomily svoji závislost na klasických energetických zdrojích energie<sup>[4]</sup>

Díky těmto událostem začal rozvoj větrných elektráren i v ČR. Ve Frýdku-Místku byla vystavěna první elektrárna s výkonem 75 kW a do roku 1996 vznikaly nové firmy, které se touto problematikou zabývaly. V tento rok byla postavena poslední česká větrná elektrárna. Za konec výstavby větrných elektráren v ČR je zodpovědný zejména nezáměr státních orgánů o toto nové odvětví. Vláda zavedla nízké výkupní ceny elektrické energie z větrných elektráren, tím znemožnila trh s touto technologií. A zároveň byl znemožněn export větrných elektráren, protože nebyla certifikace. Tento stav se však mění začátkem 21. století, kdy vláda začala podporovat výstavbu větrných elektráren (viz. kapitola 6).

### 2.2 Princip činnosti větrných elektráren

Každá firma vyrábějící větrné elektrárny využívá rozdílných technologií pro výrobu elektrické energie (viz. kapitola 2.3). Pro náš popis činnosti větrné elektrárny je vybrána velká větrná elektrárna s převodovkou (obr. 2.1).<sup>[8]</sup>



obr. 2.1 Větrná elektrárna

označení:

1- tubus  
2- strojovna  
3 -rotor

4- gondola  
5- listy  
6- převodovka

7- generátor  
8- transformátor  
9- brzda

Základem elektrárny je tubus, který se vyrábí z oceli, má mírně kónický tvar a výšku obvykle kolem 80 až 120 m. Na tubusu je umístěn „mozek“ celé elektrárny - strojovna. Ta obsahuje veškeré důležité přístroje zařizující chod větrné elektrárny a její velikost je srovnatelná s prostory obývacího pokoje.

Aerodynamické síly vznikající při působení větru na listy rotoru, vyvolávají vznik kinetické energie, která je převáděna pomocí větrné turbíny na mechanickou energii. Přičemž se vzrůstající velikostí rotoru se zvětšuje vyprodukovaná mechanická energie. Rotor, který je spojen se strojovnou bývá tvořen třemi listy. Tyto listy musí mít speciální tvar, velmi podobný profilu křidel letadel. Pro převedení vzniklé mechanické energie z rotoru na generátor využíváme převodovky. Převodovka zajišťuje plynulý přechod nízké rychlosti rotoru na mnohem vyšší rotační rychlost generátoru. Tato část zařízení bývá nejnáchylnější k poruchám, proto některé firmy vyrábějí větrné elektrárny bez převodovek.<sup>[8]</sup>

Nežádoucímú přetížení generátoru zabraňujeme použitím brzd, které v případě velkého roztočení rotoru snižují otáčky a nebo také můžeme využít natáčecí gondoli. Jakmile se přenesou otáčky z rotoru do generátoru, začíná se v generátoru z mechanické energie vytvářet pro nás potřebná elektrická energie. Vytvořené napětí přechází z generátoru na transformátor, který zajišťuje plynulý přechod napětí do sítě. Jen pro představu takto vytvořená energie z jedné větrné elektrárny může stačit na pokrytí spotřeby energie pro 2500 domácností.<sup>[8]</sup>

## 2.3 Technické charakteristiky větrných elektráren

### 2.3.1 Kategorie větrných elektráren

Podle velikosti rotoru neboli průměru vrtule a výkonu, který odebíráme proudícím větru, dělíme větrné elektrárny na malé, střední a velké. Každý autor používá trochu odlišného dělení. Kategorizace, kterou zde uvádím, je převzatá od Endlera z roku 2006 (obr. 2.2).<sup>[4]</sup>

Větrné elektrárny								
malé			střední			velké		
vrtule		výkon do kW	vrtule		výkon do kW	vrtule		výkon do kW
průměr [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]		průměr [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]		průměr [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]	
≤ 8	≤ 50	10	16,1-22	200,1-400	130	45,1-64	1600,1-3200	1500
8,1-11	50,1-100	25	22,1-32	400,1-800	310	64,1-90	3200,1-6400	3100
11,1-16	100,1-200	60	32,1-45	800,1-1600	750	90,1-128	6400,1-12800	6400

obr. 2.2 Charakteristika rozdělení větrných elektráren

Malé větrné elektrárny jsou stavěny ve výškách 15-20 m. Využití nachází zejména tam, kde není k dispozici jiný zdroj energie, na příklad na námořních jachtách. Můžeme se však setkat i s použitím malých větrných elektráren na vytápění chatků či rodinných domků. Použití tohoto typu elektráren musíme však pečlivě zvažovat, protože se staví v oblastech, v kterých je rychlost větru kolem 4,5 m/s ve výšce 10m, což jsou ideální podmínky pro výstavbu velké větrné elektrárny, která by nám dodávala daleko více elektrické energie. V dalším popisu práce se budu zabývat právě středními a velkými větrnými elektrárnami.<sup>[4]</sup>

### 2.3.2 Vrtule větrných elektráren

Vrtule, jakožto zásadní část větrných elektráren, na které je závislý výkon odebraný proudícím větru, prošla značným vývojem. Tento vývoj je určený zejména stále se zvětšujícími rozměry vrtulí, za účelem dosažení co možná největšího výkonu

a s tím spojený zisk elektrické energie.

Při zvyšování rychlosti větru na takto velké vrtule, dochází k velkému nárůstu výkonu. Tento velký výkon by mohl způsobit zničení generátoru, proto používáme vhodné typy regulace, které sníží výkon vrtule.

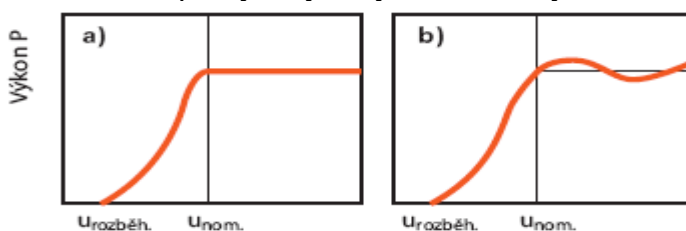
- regulace „pitch“
- regulace „stall“

Regulace „pitch“ pracuje na základě systému nominálního výkonu generátoru. Vždy když je tato nominální hodnota překročena nastává díky vstupním signálům k pootočení listů rotoru. To má za následek snížení aerodynamických sil a v závislosti na této síle dochází k potřebnému snížení výkonu (obr. 2.3).<sup>[4]</sup>

- zajišťuje vyšší produkci energie
- jednoduchý start rotoru díky možnosti nastavení úhlu záběru
- snižuje zatížení listů při překročení nominální hodnoty rychlosti větru
- nepotřebuje silné brzdy pro zastavení rotoru
- dražší cena a složitější konstrukce vrtulové hlavy

Regulace „stall“ vyžívá konstantního nastavení úhlu listů. Proto musíme toto nastavení velice pozorně volit, často až za pomoci zkušebního provozu. Využití nachází zejména u větrných elektráren s výkonem do 1000 kW <sup>[1]</sup>

- jednoduchá konstrukce
- nenáročná údržba
- vrtule samostatně nespustuje
- při vysokých rychlostech výkon klesá



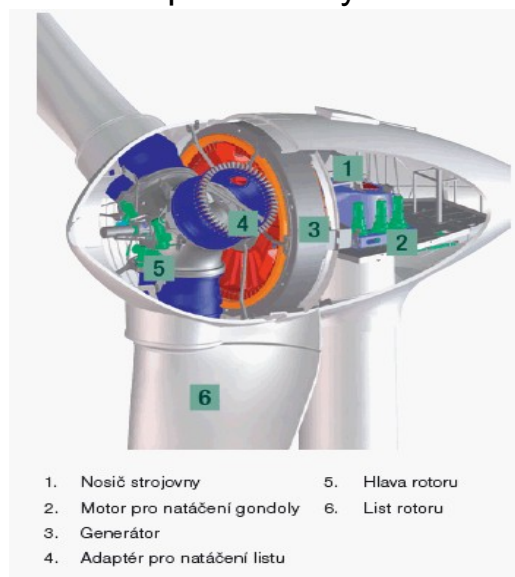
obr. 2.3 Výkon regulace „pitch“ a „stall“

Větrné motory můžeme dělit na vztlakové a odporové. Nejrozšířenějším typem jsou elektrárny vztlakové, ty pracují na principu tlaku působícího na listy rotoru.

### 2.3.3 Větrné elektrárny s převodovkou a bez převodovky

Účelem převodovky je zajištění plynulého přechodu nízké rychlosti rotoru na mnohem vyšší rotační rychlosti generátoru. Protože u větrných elektráren s převodovkou (obr. 2.1) dochází k poruše právě převodovky, která má životnost kolem 20 let, začaly některé firmy vyrábět elektrárny bezpřevodkové (obr. 2.4).<sup>[4]</sup> Oba typy mají své nevýhody i výhody a je většinou otázkou tradice který z těchto typů si firma vybere.

Bezpřevodkové řešení využívá nízkorychlostních multipólových generátorů, které jsou sice velké, ale zase se snižuje počet strojních součástí ve strojovně. A díky odpadnutí některých rotačních součástí se zjednodušuje i údržba.

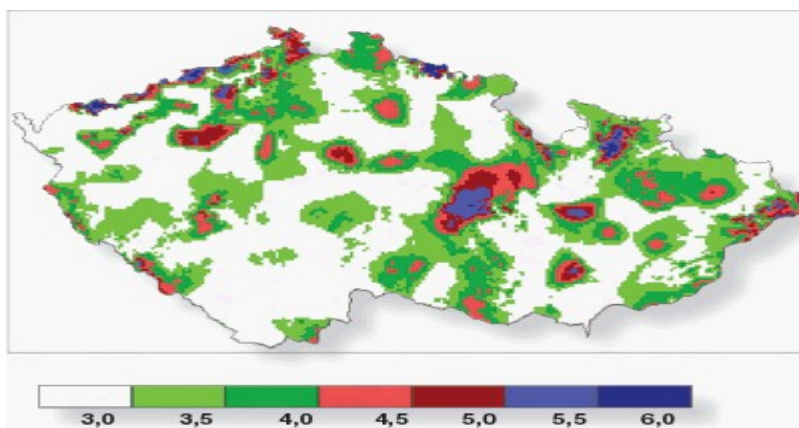


obr. 2.4 Větrná elektrárna bez převodovky

## 2.4 Větrný potenciál na území ČR

Vítr, který vzniká díky proudění vzduchu mezi odlišně zahřátými vrstvami vzduchu, je nejdůležitějším faktorem při posuzování výstavby větrných elektráren. Jeho důležitost spočívá v tom, že při vzrůstu rychlosti vzduchu roste i energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou rychlosti vzduchu. To znamená, že při zvýšení rychlosti z 2 m/s na 4 m/s vzroste vyprodukovaná energie osmkrát.<sup>[6]</sup>

Ideální podmínky pro větrnou energetiku bývají při rychlosti 6 m/s. Rychlost větru však ovlivňuje řada aspektů, a to zejména nadmořská výška a drsnost povrchu. Proto abychom věděli, které oblasti jsou výhodné pro výstavbu větrných elektráren, jsou vyvinuty metody pro určení rychlosti větru. Tyto metody zahrnují vlivy působící na větry a každá z metod vykazuje určité odlišnosti. Pro ilustraci uvádím výsledky podle modelu VAS (obr. 2.5).<sup>[4]</sup>



obr. 2.5 Průměrná roční rychlost větru na území ČR

ČR je vnitrozemským státem s kontinentálním podnebím, které se vyznačuje kolísáním větru. Příhodné podmínky pro větrnou energetiku jsou zde zejména ve výše položených oblastech. Toto odvětví u nás nedosahuje takových uplatnění jako například v Německu či Dánsku. Zde se s výhodou využívá přímořských oblastí, které jsou pro rozvoj větrné energetiky nejpříhodnější.

## 2.5. Větrné elektrárny a životní prostředí

Větrné elektrárny jsou symbolem ekologicky čisté energie. To znamená, že:

- neprodukují nežádoucí skleníkové plyny a odpadní teplo
- nezatěžují okolí žádnými odpady
- nevyžadují na provoz vodu, tudíž nedochází k jejímu znečištění

ale přesto jsou jim vytýkány i některé negativa. Na příklad:

- hlučnost
- stroboskopický efekt
- rušení zvěře
- narušení krajinného rázu<sup>[7]</sup>

Tyto nežádoucí efekty, které nám znepríjemňují život v dané oblasti, jsou často diskutovaným tématem u obyvatel, v jejichž okolí má dojít k výstavbě větrných elektráren. Firmy, které podporují výstavbu se snaží zlehčovat či vyvracet možná negativa, ale ty tu opravdu jsou! Některé problémy se daří odstranit s pomocí novějších technologií, nicméně některé zůstávají. Na druhou stranu by si každý z nás měl uvědomit, že díky větrným elektrárnám dochází k zlepšování životního prostředí.

## 3. Vodní energie

### 3.1 Poohlédnutí za vývojem

Vodní energie toků patří mezi jedny z nejstarších zdrojů energie, které lidstvo kdy využívalo. Nejprve se vodních toků začalo používat k dopravě, s postupem času našlo využití v pohonu mechanismů. Jedním z druhů mechanismů byl vodní mlýn, který byl využíván pro velmi pestrou škálu lidských činností. První vodní mlýn byl zbudován v Německu roku 361.<sup>[11]</sup> Další rozvoj tohoto odvětví se na dlouhé roky prakticky zastavil. V tomto období docházelo jen k rozvoji velikosti mlýnského kola.

Zlom nastává s objevem turbíny. První přetlaková turbína byla sestrojena v roce 1827 a na ni navazují další objevy Francisovy turbíny roku 1847 a Peltonovy turbíny v roce 1880.<sup>[1]</sup> Tyto turbíny nacházejí uplatnění zejména při výrobě elektrického proudu. Proto mohla díky těmto objevům vzniknout v USA roku 1882 první vodní elektrárna.<sup>[12]</sup>

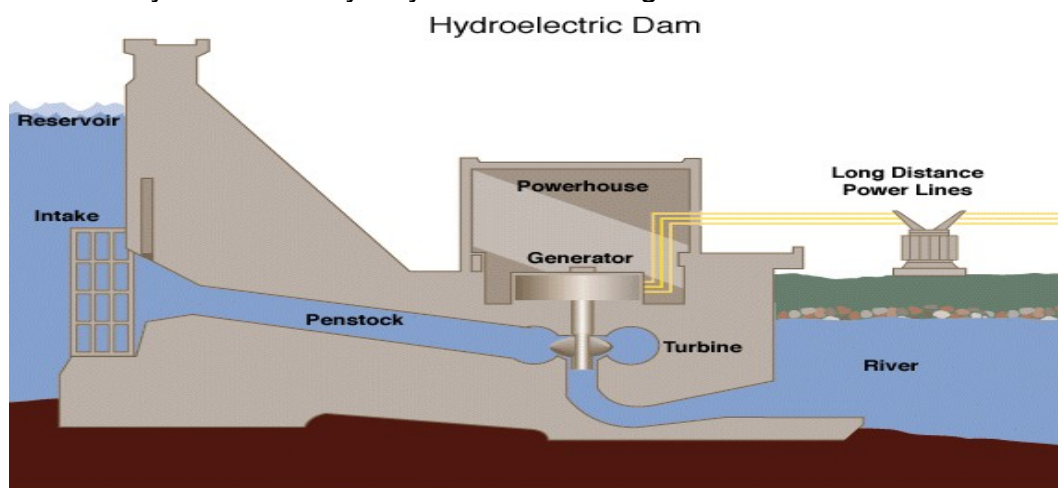
V ČR má vodní energie rovněž velkou tradici. Kromě již zmíněných různých druhů mechanismů, které se na českém území také vyskytovaly, zde byla postavena už v roce 1888 první vodní elektrárna, která se nacházela v Písku.<sup>[13]</sup> Avšak ČR v tomto odvětví nejvíce proslavil objev českého vědce Viktora Kaplana, který vyvinul Kaplanovu turbínu. Tato turbína nachází uplatnění ve vodních elektrárnách dodnes. Zásadní význam na rozvoj vodní energie má vedle již zmíněných turbín i rozvíjející se izolovaná elektrizační soustava. Ta se na Českém území propojila s elektrizační soustavou až počátkem dvacátého století a s *centrálním evropským energetickým systémem až v posledních deseti letech*.<sup>[1]</sup> Tyto opatření umožnilo rovnoměrné využití vyrobené vodní energie a spolu se státními podporami (viz. kapitola 6) se zaslouhuje o rozvoj tohoto odvětví v ČR.

### 3.2 Princip činnosti vodní elektrárny

Pro účel popisu činnosti můžeme rozdělit vodní elektrárny dle způsobu využití vodní energie na:

- akumulární
- průtokové
- přečerpávací

Akumulární elektrárny (obr. 3.1)<sup>[14]</sup> jsou součástí vodních hrází. Tyto díla mají za úkol stabilizace průtoků, chrání před povodní, mnohdy jsou zdrojem pitné vody či technologické vody pro průmysl. Vodní hráze však také využíváme pro vlastnost akumulace vody za účelem výroby elektrické energie.

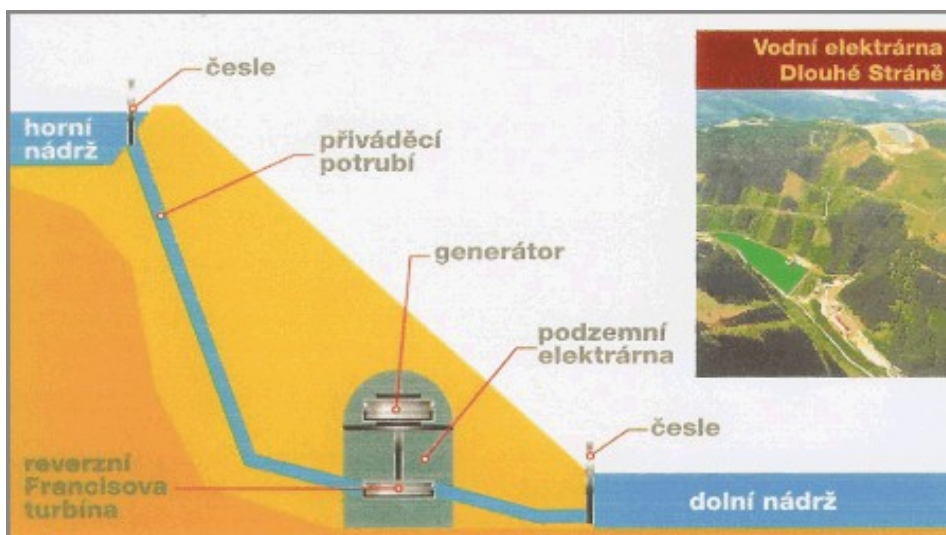


obr. 3.1 Akumulární elektrárna

Voda je pomocí přivaděčů hnána ke strojovně. Srdcem strojovny je turbína, ta je spojená s generátorem pomocí hřídele, dohromady se tomuto zařízení říká turbogenerátor. Ve strojovně začíná působit voda na turbínu a vzniká mechanická energie. S pomocí generátoru tuto energii měníme na energii elektrickou. Ta se transformuje a odvádí do elektrizační soustavy. Využitou vodu vracíme odpadními kanály do původního korita.

Průtokové elektrárny pracují na stejném principu jako akumulární elektrárny, jen s tím rozdílem, že vodu nezadržují, ale používají přirozený průtok. Zde pracují s nižšími spády, proto se využívá rozdílných typů turbín.

Přečerpávací elektrárny (obr. 3.2)<sup>[15]</sup> jsou založeny na systému dvou výškově odlišných nádrží, které jsou spojeny potrubím. Voda z horní nádrže je vypouštěna do spodní nádrže. Při tomto procesu dochází k přeměně potenciální energie za pomoci turbíny a generátoru na energii elektrickou. Po čase dochází za pomoci levnější elektřiny, například z fosilních paliv, k přečerpání vody ze spodní nádrže do horní. Tento druh elektráren využívá toho, že nelze skladovat elektrickou energii, proto používáme potenciální energii z rozdílu výšek, pro „skladování“ a z ní můžeme vyrobit elektrickou energii kdy potřebujeme. To je také hlavní výhodou PVE.



obr. 3.2 Přečerpávací elektrárna

Dále se budu zabývat jen malými vodními elektrárnami (dále už jen MVE). To znamená akumulárním, průtokovým a přečerpávacím elektrárnám, které mají instalovaný výkon menší než 10 MW. Protože podle metodiky EU se vodní elektrárny s instalovaným výkonem nad 10 MW nepočítají mezi OZE.<sup>[13]</sup>

### 3.3 Technické charakteristiky vodních elektráren

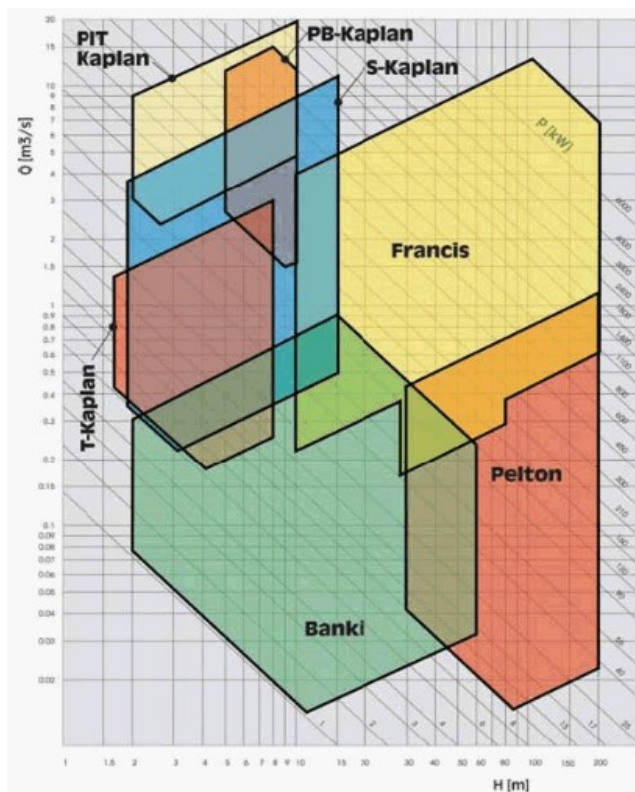
#### 3.3.1 Turbíny

Vodní turbína je otáčivý mechanismus, který mění tlakovou nebo kinetickou energii vody na mechanickou energii. Podle způsobu jakým působí tlak na turbínu dělíme turbíny na:

- přetlakovou - Kaplanova a Francisova turbína
- rovnotlakou - Bankiho a Peltonova turbína

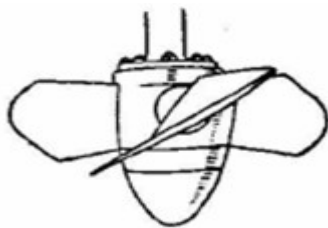
Jestliže si zvolíme přetlakovou turbínu, počítáme s tím, že kapalina během své cesty strojem mění tlak, čímž odevzdává svoji energii. K tomuto jevu však nedochází při použití rovnotlaké turbíny, u které je tlak vody stejný před oběžným kolem i za oběžným kolem turbíny. Proto se pro vznik elektrické energie využívá pohybové energie, která vzniká při spádu. Oběžné kolo však musí být umístěno nad spodní hladinou, aby nebrodilo. Díky tomu vzniká určitá ztráta spádu.<sup>[16]</sup>

Výběr vhodné turbíny pro danou lokalitu není jednoduchý. Pro základní orientaci nám slouží charakteristika typů turbín podle spádů a průtoků (obr. 3.3).<sup>[17]</sup>



obr. 3.3 Základní charakteristika typů turbín

### Kaplanova turbína



obr. 3.4 Kaplanova turbína

Kaplanovu turbínu (obr 3.4)<sup>[15]</sup> lze výborně regulovat, má dobrou účinnost ale je složitá na výrobu. S tím je spojena její dražší cena a větší náročnost na údržbu. Využití nachází zejména tam, kde není možnost zajistit stálý průtok či spád. To znamená na jezích a říčkách s průtokem 0,15 m<sup>3</sup>/s, někdy až několik desítek m<sup>3</sup>/s a spádu od 1 do 20 m.<sup>[17]</sup>

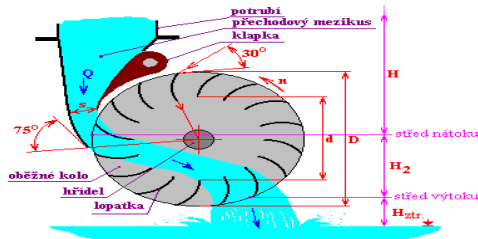
### Francisova turbína



obr. 3.5 Rotor Francisovy turbíny

Vstupním potrubím je voda hnána na rotor (obr 3.5),<sup>[14]</sup> a jak voda prochází rotorem, její rychlost se zmenšuje a zároveň odevzdává svoji energii. Francisova turbína má nižší účinnost, větší počet lopatek a nemá možnost regulace jako Kaplanova turbína, která byla vyrobena později. Její instalace se doporučuje pro větší průtoky a spády nad 10 m. Jsou časté zejména pro přečerpávací elektrárny, kde se využívá jejich vlastnosti: fungovat při zpětném chodu jako čerpadlo.<sup>[17]</sup>

### Bankiho turbína



obr. 3.6 Bankiho turbína [18]

Tato turbína využívá dvojnásobného průtoku. Při prvním průtoku lopatkami, voda odevzdává turbíně 79% z celkového výkonu a je nasměrována tak, aby musela projít znovu přes lopatky na druhé straně. Tím dochází k dalšímu předání energie.<sup>[19]</sup> Turbína je výrobně nenáročná a není tedy ani moc nákladná. Díky této vlastnosti se používá zejména na malých



tocích kde by nebyla konstrukce dokonalejších typů turbín ekonomicky výhodná.<sup>[17]</sup>

### Peltonova turbína



obr. 3.7 Peltonova turbína [14]

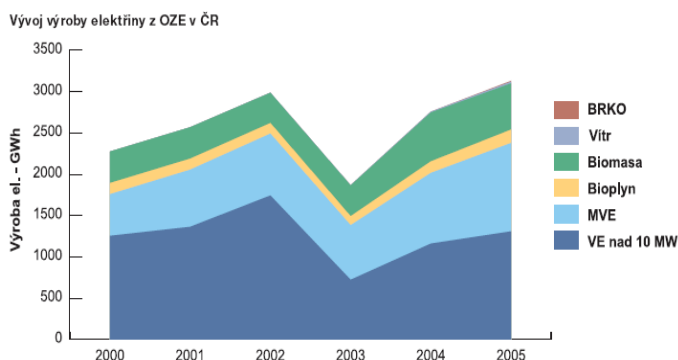
Z přívodního potrubí voda dopadá na lopatky, které jsou postaveny proti směru toku vody, a tak dochází k otáčení lopatek a ke tvorbě energie. Průtok vody, a tím pádem i výkon, se reguluje pomocí jehly a pro případné odstavení se používá deviátor, který odělí turbínu od paprsku vody. Peltonovy turbíny se využívají pro vysoké spády nad 15 m a malý průtok od 0,01 m<sup>3</sup>/s.<sup>[14]</sup>

Zde jsem uvedl přehled turbín, které se používají nejčastěji. Mezi základní technické vybavení vodních elektráren dále patří:

- generátor - mění mechanickou energii na elektrickou
- přivaděče - směřují spád do místa, kde se nachází vodní turbína
- česla - mříž, která zabraňuje vnikání naplavenin do prostoru turbíny
- odpadní kanály - vracejí vodu do původního koryta

## 3.4 Hydroenergetický potenciál na území ČR

V ČR nejsou přírodní podmínky pro budování vodních elektráren příhodné. Vodní toky zde převážně pramení, a proto zde nedosahují velkých spádů a dostatečného množství vody. Z toho plyne, že podíl výroby elektrické energie z vodních elektráren vzhledem k celkové výrobě v ČR je nízký. Avšak z vodních elektráren se vyprodukuje nejvíce elektrické energie v porovnání s ostatními druhy OZE (obr. 3.8).<sup>[4]</sup>



obr. 3.8 Vývoj výroby elektřiny z OZE v ČR

Převážná část potenciálu, který se bude dát ještě využít, leží na menších tocích, které nejsou příhodné pro výstavbu VE. Tento potenciál má zpravidla však horší hydrologické podmínky, a tím je pro případné investory méně zajímavý. Proto pro zvyšování podílu výroby elektrické energie z vodních elektráren přichází v úvahu spíše rekonstrukce stávajících MVE, využití vodárenských objektů, rybníků, nádrží a nebo výstavby přečerpacích vodních elektráren.<sup>[1]</sup>

Výroba elektřiny z vodní elektrárny je šetrná k životnímu prostředí to znamená že:

- neznečišťuje ovzduší skleníkovými plyny
- je bez odpadové
- prokysličuje vodní toky
- zbavuje vodní toky naplavenin

Ale samozřejmě z řad ekologů a zastánců přírodní krajiny se ozývají obavy ohledně:

- kontaminace vod ropnými prostředky
- odstranění naplavenin z vodních toků
- hlučnost MVE
- nevkusné začlenění do krajinného prostředí<sup>[1]</sup>

Je dobře, že se tyto hlasy ozývají, protože také díky nim jdou technologie zabývající vodní energetikou vpřed.

## 4. Sluneční energie

### 4.1 Poohlédnutí za vývojem

Slunce a jeho význam si lidé uvědomovali již odedávna. Dokazuje nám to řada vynálezů a nápadů pracujících na principu slunečního záření. Například zvětšovací sklo na rozdělání ohně, sluneční hodiny a orientace domů ke slunci. Tyto vynálezy, a mnoho jiných, využívali naši předkové již před Kristem.

Po řadě méně důležitých vynálezů pro dnešní průmysl byl v devatenáctém století vynalezen solární parní stroj a je pozorován fotoelektrický jev. Na základě těchto objevů začaly počátkem dvacátého století první pokusy o akumulaci solární energie a v padesátých letech byly objeveny solární články. Bohužel v tomto období výzkumné aktivity upadají do pozadí. Příčinou stagnace byla okolnost, že sluneční energie nemohla konkurovat fosilním palivům.<sup>[19]</sup>

Obrat nastává roku 1973 uvalením embarga na ropu dováženou pro vyspělé země. Ty si uvědomily svoji závislost na fosilních palivech a snaží se o využití OZE. V osmdesátých letech vznikají první solární elektrárny většinou na principu hromadění tepelné sluneční energie. Elektrárna pracující na principu přímé přeměny světelné energie v elektřinu vznikla až o 10 let později.<sup>[19]</sup>

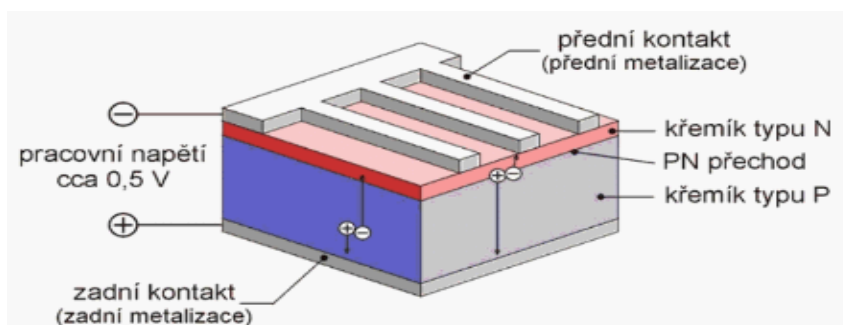
V současné době je využití sluneční energie vzhledem k životnímu prostředí nejčistější a nejšetnější způsob výroby elektrické energie, ale bohužel stále příliš drahý. Zatím jsme schopni z jednoho metru čtverečního aktivní plochy získat pouze 1100 kWh/m<sup>2</sup> elektrické energie za rok. Avšak do budoucnosti se očekává velký nárůst tohoto odvětví.<sup>[20]</sup>

### 4.2 Princip činnosti sluneční elektrárny

Při volbě solárních systémů máme na výběr ze dvou možností:

- přeměna solárního záření na elektrickou energii
- přeměna solárního záření na teplo pomocí kolektorů

V ČR se používá z drtivé většiny sluneční elektrárny měnící záření rovnou na elektrickou energii. K této přeměně jsou využívány solární články (obr. 4.1).<sup>[22]</sup>



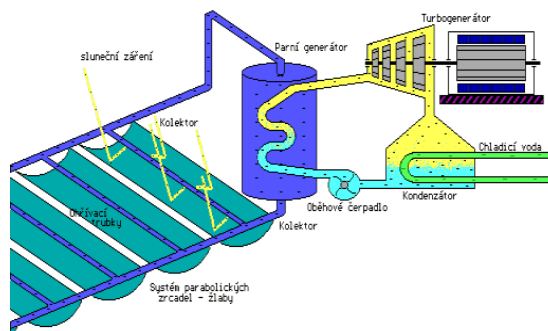
obr. 4.1 Solární článek

Jestliže na solární článek působí záření, dochází k absorpci fotonů, které předávají svoji energii elektronu. Díky tomu se elektron uvolní z mřížky a zde zůstává jeden přebytečný volný kladný náboj „díra“. My potřebujeme, abychom tyto volné elektrony a díry od sebe oddělili a následně aby prošli vnějším elektrickým obvodem a konaly tak potřebnou práci. Oddělení se nám podaří pomocí dvou rozdílných vrstev solárního článku. První má menší počet elektronů nazýváme jej polovodič typu P a druhý má větší počet elektronů a nazýváme jej polovodič typu N. Spojením vznikne přechod P-N a na jeho rozhraní dojde k přesunu elektronů. Tím zde vznikne elektrické pole. Elektrické pole dokáže oddělit elektrony od díry. Elektrony pošle do N polovodičů a díry do P polovodičů. Elektrony mají tu vlastnost, že se chtějí dostat

nazpátek k dířám, protože přes kratší cestu skrz elektrické pole to nejde, vybírají si cestu skrz vnější obvod. Zde vzniká elektrický proud, který je přímo úměrný intenzitě dopadajícího záření a ploše solárního článku. [21]

Napětí jednoho článku je malé, kolem 0,5 V. Proto používáme sériové propojení více článků, které je již použitelné. Takto vzájemně propojené systémy tvoří solární panel. [23]

Druhý typ přeměny solární energie pracuje na principu kolektorů, které převádí energii na teplo. Tento systém je často využíván, jako zdroj tepla pro rodinné domky. Avšak tato oblast není náplní moji práce. Pro nás je zajímavější solární termické využití speciálních kolektorů, díky nimž dokážeme vyrábět elektřinu. Na tomto principu pracuje celá řada elektráren, já se zaměřím na jeden z možných způsobů.



Záření dopadající na kolektory je přeměrováno na trubky, které leží v ohniscích kolektorů. Trubkami protéká teplotná látka, ohřívá se a prochází skrz parní generátor. Vzniklá pára popohání turbínu a ta s pomocí generátoru produkuje elektrickou energii. Tento typ elektráren se v ČR nevyskytuje, proto se jím dále nebudu zabývat. [24]

obr. 4.2 Sluneční elektrárna [24]

## 4.3 Technické charakteristiky slunečních elektráren

### 4.3.1 Solární články

Ve vývoji solárních článků jsme dospěli k celé řadě rozdílných technologií.

- Články první generace: Základ tvoří destičky z křemíku s monokrystalickou strukturou. Články dosahují celkem dobré účinnosti kolem 16-19 %. Životnost je něco kolem 30 let. Ale jejich pořizovací cena je nákladná, hlavně z toho důvodu že materiál, z kterého jsou vyrobeny je drahý. I přes tuto nevýhodu jsou solární články první generace nejrozšířenější technologií. [22]
- Články druhé generace: Důvodem k rozvoji článků druhé generace byla snaha o snížení výrobních nákladů především drahého materiálu křemíku. Tyto články jsou tenkovrstvé, vyráběny z křemíku s amorfni nebo polykrystalickou strukturou. Výhodou je levnější pořizovací cena, avšak na úkor snížení účinnosti. [1]
- Články třetí generace: Nepoužívá se křemík ale jiné prvky, jako například organické polymery. Mají za úkol zvýšit účinnost a snížit náklady, ale zatím se příliš nepoužívají. [25]
- Články čtvrté generace: Jsou vyráběny z kompozitů z různých vrstev. Měli by být schopny lépe využít slunečního spektra. Každá z vrstev absorbuje světlo jiné vlnové délky. [25]



obr. 4.3 Monokrystalické a barevné multikrystalické křemíkové solární články [4]

### 4.3.2 Fotovoltaický systém

K využití světelné energie je nezbytný nejen solární článek, ale také podpůrné zařízení. Mezi tyto zařízení řadíme akumulátorové baterie, regulátor dobíjení, napěťový střídač, měřicí přístroje a případně systémy pro zlepšení energetických zisků. Sestavu fotovoltaických panelů, již zmíněných podpůrných zařízení a spotřebiče nazýváme fotovoltaický systém.<sup>[1]</sup>

Elektrickou energii potřebujeme i v době bez slunečního záření. Proto v této době používáme jiné zdroje, jestliže však tuto možnost nemáme, snažíme se o akumulaci elektrické energie pomocí akumulátorové baterie. O optimální dobíjení a vybíjení se stará elektronický regulátor. A střídač mění stejnosměrný proud na proud střídavý.

Ke zvýšení energetických zisků používáme různých technologií. Například při instalaci oboustranných modulů dochází ke zvýšení zisků díky tomu, že článek je na průhledné podložce. Takže na něj může působit světlo z obou stran. Další možností je instalace dvouosého polohovacího systému, který umožňuje natáčení za sluncem. Můžeme také použít koncentrátory. Ty bývají ze zrcadla, které „sbírá“ sluneční záření a koncentruje ho na článek.<sup>[25]</sup>

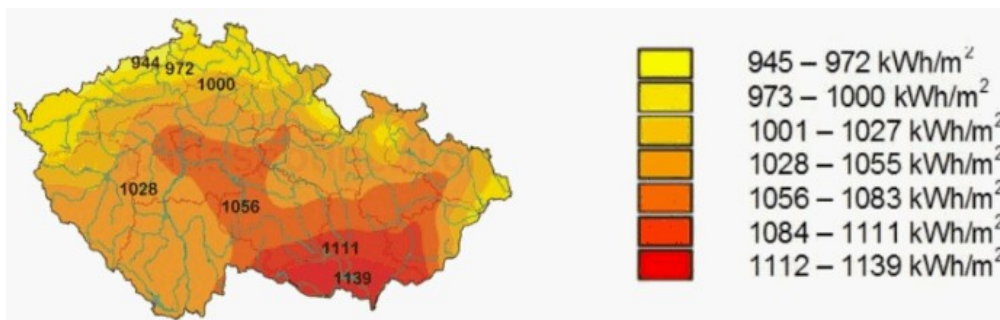
## 4.4 Sluneční potenciál, návratnost, životní prostředí

### 4.4.1 Vliv solárních zařízení na životní prostředí

Na rozdíl od větrných a vodních zařízení, kde se můžeme setkat s názory, že v určitém ohledu škodí svému prostředí. Můžeme tvrdit, že solární zařízení nemá žádný negativní vliv na životní prostředí. Proto je po právu výroba elektrické energie ze solárních zařízení nejčistší a nejšetrnější.

### 4.4.2 Sluneční potenciál v ČR

V ČR nejsou nejideálnější podmínky, pro výrobu elektrické energie ze solárních systémů. Na naše území dopadá záření o hodnotě 900 až 1200 kWh/m<sup>2</sup> za rok. To není zrovna mnoho a když k tomu přičteme vysoké pořizovací náklady na solární systém, zjistíme, že by rozvoj tohoto odvětví v ČR nebyl možný bez příspěvu státu. Mezi země, které nejvíce využívají sluneční energii, řadíme Japonsko a USA.<sup>[22]</sup>



obr. 4.4 Sluneční záření v ČR [22]

### 4.4.3 Návratnost

Každý kdo se zabývá solární energií, se mohl setkat s domněnkou, že solární elektrárny nevyrobí tolik energie, kolik je potřeba na jejich výrobu. Tuto domněnku vyvrací řada výzkumů, které se však liší v přesných číslech doby návratnosti. Například výzkum Alsema uvádí dobu návratnosti v podmínkách ČR 4-5 let. Jestliže uvažujeme s životností solárních elektráren 30 let, vychází nám jednoznačně pozitivní bilance. Na paměti však musíme mít, že doba návratnosti je příznivá díky podpoře státu. Na mysli mám zejména vysoké výkupní ceny.<sup>[26]</sup>

## 5. Biomasa

Historicky nejstarším zdrojem energie je spalování biomasy. Již naši předkové používali oheň k přípravě stravy a k zahřívání jeskyních obydlí a své místo si nachází i v dnešní době.

Biomasa rozumíme organickou hmotu živočišného, nebo rostlinného původu. V souvislosti s energetickým využitím zahrnujeme pod tento pojem odpadní dřevo, slámu a další lesní a zemědělský odpad. Zemědělské produkty například dřeviny, byliny a plodiny záměrně pěstované pro energetické využití a dále také odpady biologického původu, jako například kejdy hospodářských zvířat a kaly.<sup>[5]</sup>

Biomasu můžeme řadit k OZE, protože má svůj prapůvod ve slunečním záření a z části také díky tomu, že při spalování vzniká sloučenina  $\text{CO}_2$ . Ta však skleníkový efekt nenavyšuje, a to z důvodu toho, že rostliny za svého růstu přijímají  $\text{CO}_2$  z ovzduší a při spalování jej jen zase vracejí.<sup>[27]</sup>

### 5.1. Současné využití

Zpracováním biomasy můžeme získat elektrickou energii, tepelnou energii a látky na pohon vozidel. Pro získání těchto produktů používáme různé druhy technologií. Uvedeno je základní rozdělení:<sup>[28]</sup>

Termo - chemické přeměny

- zplyňování
- pyrolýza

Bio - chemické přeměny

- anaerobní digesce
- alkoholové kvašení
- kompostování

Mechanicko - chemické přeměny

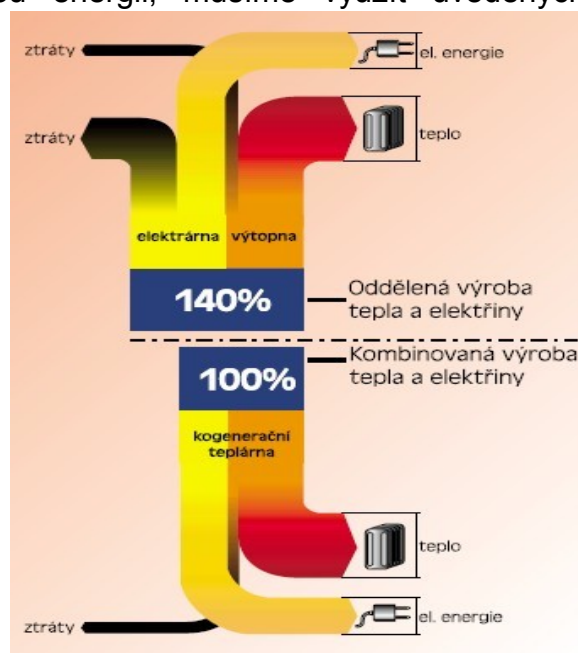
- lisování olejů
- štípání, mletí, peletace, drcení (výroba pevných paliv)

#### 5.1.1 Spalování

Jestliže chceme vyrábět elektrickou energii, musíme využít uvedených technologií ke spalování. Spalování je nejčastějším způsobem přeměny biomasy na tepelnou a elektrickou energii. Výhodou spalování je její probádanost, technologické zvládnutí, komerční dostupnost a relativní jednoduchost.<sup>[29]</sup>

Proces spalování probíhá v kotlích, které je nutné sestavit speciálně pro spalování biomasy. Kotle jsou dnes technologicky vyřešeny, ale jsou dražší než kotle na spalování fosilních paliv. Samotný proces výroby elektrické energie probíhá v soustrojí parních turbín.<sup>[4]</sup>

Jestliže chceme docílit zvýšení účinnosti při výrobě tepla a elektřiny použijeme kogenerační jednotku. Zde je energie biomasy přeměněna z 18 % na elektrickou energii a 79 % tepelnou



obr. 5.1 Kogenerační jednotka [30]

energii, která je přepravována k vytápění. Kogenerační jednotky využívají Rankin Clausiův tepelný oběh.<sup>[1]</sup>

Stále častější je také kombinované spalování biomasy a uhlí. Kde se využívá výhodnějších vlastností směsi paliva, než u jednotlivých složek. Zejména díky vlastnosti biomasy, která při spalování vykazuje nízkou popelnatost, dochází k snížení ztrát mechanických nedopalů a tím zvýšení účinnosti.

### 5.1.2 Termo – chemické přeměny

Termochemické zplyňování je složitá přeměna organické hmoty v hořlavý plyn. Proces probíhá v generátoru a je složen z celé řady jednoduchých reakcí při teplotě 750 °C až 1000 °C. Teplo pro reakce je získáváno oxidací zplyňovaného materiálu, nebo je dodáváno z externích zdrojů. V současné době je rozšířeno zplyňování pomocí vzduchu. Vzniklý bioplyn je vhodný pro provoz motorů, turbín a kotlů, v kterých se vyrábí elektrická a tepelná energie.<sup>[29]</sup>

Pyrolýzou máme na mysli termický rozklad organického materiálu za nepřítupnosti kyslíku. Podstatou pyrolýzy je zahřátí nad mez termické stability organických sloučenin, čímž dochází ke štěpení a vzniká požadovaný produkt: kapalné palivo, plyn, nebo dřevěné uhlí. Výsledný produkt a jeho kvalita je závislý na teplotě a době ohřevu. Využíváme opět k vytápění, nebo výrobě elektrické energie. Pyrolýza je na počátku vývoje, současný trend je rychlá pyrolýza.<sup>[27]</sup>

### 5.1.3 Bio – chemické přeměny

Termochemické způsoby přeměny jsou vhodné pro biomasu mající nízký podíl vlhkosti. Jestliže má biomasa tento podíl vlhkosti vyšší, používáme biochemické přeměny. Nejběžnější biochemická přeměna je anareobní digesce. Při tomto procesu bakterie za nepřítupu kyslíku produkují bioplyn a digestát, který je nezávadný pro životní prostředí. Vzniklý bioplyn zpracováváme v kogeneračních jednotkách a získáváme elektrickou energii a teplo.

Další technologie jsou z hlediska výroby elektrické energie nezajímavé, proto se jimi nebudu dále zabývat.

## 5.2 Paliva biomasy

Tuhá biopaliva se v ČR vyskytuje ve třech základních druzích:

- stébelniny
- dřeviny
- odpady biologického původu

Tyto paliva můžeme dále dělit na záměrně pěstované a odpadní biomasu, vzniklou zpracováním produktů pro jiné účely. V ČR je nejpoužívanějším druhem biomasy dřevní odpad. K dřevinám a dřevnímu odpadu řadíme kusová dřeva, piliny, hobliny, štěpky, kůry, pařezy, případně v dnešní době velice oblíbené pelety a brikety. Ty jsou mechanicky zpracovány a vykazují dobrou výhřevnost a skladnost. Mezi stébelniny řadíme slámu, byliny, energetické trávy a rychle rostoucí dřeviny. S ohledem na nízký potenciál zdrojů biomasy je stále častější cílené pěstování energetických rostlin pouze pro energetické zpracování. Využívá se volné zemědělské půdy, která není vhodná pro pěstování potravin. Energetickým rostlinám nevádí ani půda kontaminovaná cizorodými látkami. Pěstování energetických rostlin tedy přináší také užitek pro životní prostředí, a to v podobě údržby krajiny a protierozní ochrany půdy.

Mimo tuhých paliv se můžeme setkat ještě s kapalnými a plynnými biopalivy, ke kterým řadíme například bionaftu bioetanol, produkty rychlé pyrolýzy, bioplyn,

kalový plyn, biovodík a dřevoplyn.

Důležitým ukazatelem kvality biopaliva je výhřevnost. Ta je závislá na typu, kvalitě a vlhkosti biomasy. Na správnou vlhkost biomasy je kladen velký důraz. *Při vlhkosti nižší má hoření explozivní charakter a mnoho energie uniká s kouřovými plyny. Při vyšší vlhkosti se mnoho energie spotřebuje na její vypaření a spalování je nedokonalé.*<sup>[28]</sup> Proto se biomasa po určitou dobu skladuje a nechává prosychat. Na skladování biomasy je zapotřebí velkého prostoru.

### 5.3 Potenciál biomasy v ČR

V roce 2006 činil podíl energie z obnovitelných zdrojů 4,3 %, z čehož biomasa pokrývala jednu čtvrtinu. To není zanedbatelná část, navíc musíme brát v úvahu, že biomasa má v ČR ze všech druhů OZE největší potenciál budoucího růstu. Do jaké míry se naplní očekávání vzrůstu biomasy, bude zejména záviset na přístupu státu.<sup>[31]</sup>

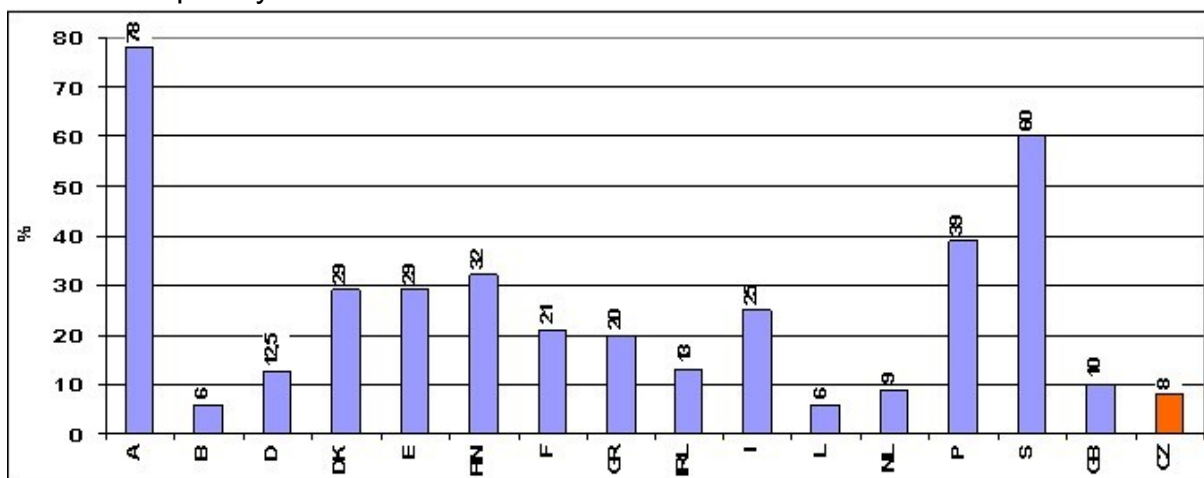
Druh biomasy	Energie celkem		z toho teplo		elektrina
	%	PJ	PJ	GWh	
Dřevo a dřevní odpad	24	33,1	25,2	427	
Sláma obilnin a olejnin	11,7	15,7	11,9	224	
Energetické rostliny	47,1	63	47,7	945	
Bioplyn	16,3	21,8	15,6	535	
<b>Celkem</b>	100	133,6	100,4	2231	

obr. 5.2 Potenciál využití biomasy v ČR k roku 2003 [4]

## 6. Ekonomika a legislativa výroby elektřiny z OZE

Ekonomika a legislativa v ČR je z velké části závislá na zákonu o podpoře využívání OZE, a právě na něm bych se chtěl zaměřit.

Jednotlivé státy, si začaly vytýkat cíle, týkající se dosažení určitého procenta podílu výroby elektrické energie z OZE. Také ČR, jako člen EU, se zavázala k naplnění ambiciózního cíle: do roku 2010 zvýšit podíl výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů hrubé domácí spotřeby na 8 % (obr. 6.1).<sup>[32]</sup> Bohužel však musím podotknout, že podobné cíle už ČR přijala, ale nebylo nebo je jasné, že nebudou naplněny.



obr. 6.1 Cíle členských států EU v oblasti výroby elektřiny z OZE

Na základě těchto cílů bylo třeba stanovit druhy podpor, které by zatraktivily tento druh podnikání. V ČR jsme se první podpory výroby elektrické energie dočkali v roce 2002. A to díky Energetickému regulačnímu úřadu (dále jen ERÚ), který stanovil povinné výkupní ceny pro MVE, spalování biomasy, spalování bioplynu, větrné elektrárny, sluneční záření a geotermální energie. Avšak přelomovým zákonem v této oblasti se stal až zákon o garanci stability cen. Postupem času se zákony upravovali až do nynějšího znění. (viz. kapitola 6.1)<sup>[32]</sup>

## 6.1. Základní druhy podpor

Každý stát má určený jiný systém podpor. V ČR existují dva základní systémy.

- systém výkupních cen
- systém zelených bonusů

Systém výkupních cen zaručuje dodavateli jistotu, že vyrobenou elektřinu je od něj provozovatel regionální distribuční soustavy povinen koupit, a to za předem určenou cenu. Ještě do nedávna měli s tímto systémem investoři problém, protože nevěděli jak dlouho bude daná cena platit. Dnes již tomu tak není. Případný investor má zaručenou garanci cen na určitou dobu dopředu. Většinou se jedná o dobu 15 let tak, aby byla výrobci zajištěna návratnost. Tato doba je určená dle typu OZE. Díky tomuto opatření si mohou výrobci elektrické energie z OZE spočítat návratnost projektu a případná rizika. Proto je jasné, že garance výkupních cen na dobu určitou kladně ovlivňuje výstavbu nových zdrojů.

Naproti tomu je systém zelených bonusů více nejistý, ale může přinést větší zisk. Princip tohoto systému spočívá v tom, že každý výrobce elektrické energie z OZE si sám najde kupce elektrické energie a za tržní cenu po prodeji navíc obdrží takzvaný zelený bonus. Výrobce také může elektrickou energii spotřebovat sám a zelený bonus také obdrží. S nimi může dále obchodovat. Zelené bonusy se hodí spíše pro větší firmy, protože shánění kupce s sebou může nést velké obtíže a zvýšení nákladů. Ale i přesto je tento druh obchodování velice populární.

## 6.2 Současné ceny elektrické energie

Výši výkupních cen a zelených bonusů určuje každým rokem ERÚ, přičemž investoři mají zaručené, že ceny nepoklesnou o více než 0,5 % za rok. ERÚ zveřejnil začátkem listopadu cenové rozhodnutí na rok 2009. A je jasné, že dojde k poklesu minimálních výkupních cen v oblasti větrných a fotovoltaických elektráren právě o hodnotu 0,5 %. Pohorší si také zelené bonusy. U ostatních OZE dojde k mírnému polepšení.<sup>[33]</sup>

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu v nových lokalitách po 1. lednu 2008 včetně	2700	1260
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O1 v nových výrobních elektřiny nebo zdrojích po 1. lednu 2008 včetně	4490	2950
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O2 v nových výrobních elektřiny nebo zdrojích po 1. lednu 2008 včetně	3460	1920
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O3 v nových výrobních elektřiny nebo zdrojích po 1. lednu 2008 včetně	2570	1030
Větrné elektrárny uvedené do provozu po 1. lednu 2009 včetně	2340	1630
Výroba elektřiny využitím slunečního záření po 1. lednu 2009 s instalovaným výkonem do 30 kW včetně	12890	11910
Výroba elektřiny využitím slunečního záření po 1. lednu 2009 s instalovaným výkonem nad 30 kW	12790	11810

obr. 6.2 Výkupní ceny elektrické energie OZE [34]



Elektrická energie z OZE je díky vyšším výkupním cenám dražší než elektrická energie z jádra či fosilních paliv. Tato skutečnost se samozřejmě projeví v celkové ceně. Současná průměrná cena elektrické energie podle ERÚ je 4,65 Kč za 1 kWh. Výsledná cena se skládá ze dvou složek a to regulované, kterou ovlivňuje ERÚ a zahrnuje náklady na distribuci, skladování a dopravu. Druhá část ceny je neregulována, ERÚ neovlivní a každý distributor si ji volí. Tato část zahrnuje paušální platby, hlavní jističe a ceny za spotřebované množství energie.<sup>[35]</sup>

Sazba	D02d	D02d	D02d
Distributor	ČEZ, a.s.	PRE, a.s.	E.ON, a.s.
Průměrná spotřeba/rok	2 200 kWh		
<b>Rok 2008</b>			
Cena za kWh (vč. DPH)	4,04 Kč	4,30 Kč	4,10 Kč
Měsíční paušál	128,00 Kč	134,47 Kč	119,00 Kč
Roční platba za 2200 kWh	8 892,43 Kč	9 464,28 Kč	9 013,04 Kč
Paušál za rok	1 542,24 Kč	1 613,64 Kč	1 428,00 Kč
<b>Celkové roční náklady 2008 (vč. DPH)</b>	<b>10 434,70 Kč</b>	<b>11 077,90 Kč</b>	<b>10 441,10 Kč</b>
<b>Rok 2009</b>			
Cena za kWh (vč. DPH)	4,48 Kč	4,72 Kč	4,76 Kč
Měsíční paušál	133,28 Kč	142,80 Kč	136,85 Kč
Roční platba za 2200 kWh	9 860,44 Kč	10 373,85 Kč	10 480,25 Kč
Paušál za rok	1 599,36 Kč	1 713,60 Kč	1 642,20 Kč
<b>Celkové roční náklady 2009 (vč. DPH)</b>	<b>11 459,80 Kč</b>	<b>12 087,50 Kč</b>	<b>12 122,40 Kč</b>
<b>Meziroční nárůst</b>	<b>1 025,10 Kč</b>	<b>1 009,60 Kč</b>	<b>1 681,30 Kč</b>
	<b>9,80%</b>	<b>9,10%</b>	<b>16,10%</b>

obr. 6.3 Cena elektřiny pro rok 2009 a 2008 [36]

## Závěr

Závěrem bych chtěl utřídit jednotlivé informace, a tak shrnout všechny mé získané poznatky, které jsem nabyl psaním bakalářské práce.

Hodnocení bych začal u vývoje OZE. Je jasné, že tyto zdroje lidstvo využívalo již mnoho desítek stovek let zpátky. Vždyť už pračlověk si byl vědom důležitosti slunce, díky kterému byl schopen rozdělat oheň. Také vodní energie se využívala odedávna k vodní dopravě. Avšak až s postupem času se začalo těchto zdrojů využívat pro pohon strojů, mezi které řadíme třeba solární parní stroj, větrné a vodní mlýny a mnoho dalších. Vývoj společnosti, která stále nutněji ke svému životu potřebovala elektrickou energii, si žádal nové vynálezy, které by umožnily z OZE získávat elektrickou energii. Ty také přišly. Avšak tato zařízení zůstávala dlouhou dobu ve stínu fosilních paliv, které byly schopny pokrýt veškeré požadavky – a to především požadavek nízkých cen. Zdá se mi, že tento aspekt nízkých cen až do nedávna vítězil, proto byly OZE odsunuty na druhou kolej.

Proč „až do nedávna“? Dnes, kdy je stále ožehavějším tématem globální oteplování, díky kterému se vidina zaplavení pobřeží a hrozba změny klimatu stává neustále zřetelnější, volají státy, které by jím mohly být nejvíce postiženy, o změny. I když řada odpůrců namítá, že země by se z těchto problémů dostala sama, a že jde jen o přirozený vývoj. I přes tyto názory, nelze nevidět, že se jisté změny opravdu dějí. Největším dokladem toho je Amerika, kde prezident Obama rozvířil diskuzi o OZE a kam se v dnešní době stahuje mnoho firem, které jdou za vidinou velkých zisků.

V této otázce však nejsem velký optimista a nemyslím si, že země a jejich představitelé zajímá naše krajina. To, co umožňuje OZE práť se o svoji pozici, je fakt, že se začínáme obávat vyčerpatelnosti fosilních paliv, zejména zásob ropy. A je jasné, že země, které budou využívat OZE ve velké míře, budou v době, kdy vytěžíme poslední litry ropy (a tato doba může nastat do 50 let), na tuto situaci připraveny a jejich energetika zůstane stabilní. Ale nejedná se jen o situaci, kdy se přestane nadobro těžit ropa, ale také o situaci před vyčerpáním zásob, kdy může docházet k prudkému nárůstu cen. První náznaky jsou patrné již dnes, kdy s cenou ropy dokáží zatřást zprávy o zajištění tankeru převážejícího ropu a s tím spojené prodloužení dopravní cesty pro ostatní tankery. Také díky této události si myslím, že je na místě obávat se chvíle poklesu výskytu ropy a dalšího zdražování, které by mohlo vést k ozbrojeným konfliktům mezi různými národy.

Předešlým odstavcem jsem ale nechtěl nijak zanedbat kladný vliv OZE na životní prostředí a globální oteplování. Rozhodně nejsem toho názoru, že by se země v tomto stavu nacházela i bez přičinění lidstva. A protože si uvědomuji velkou souvislost mezi OZE a přírodou, věnoval jsem v každé kapitole vždy určitou část vlivu OZE na životní prostředí. Z uvedených informací je zřejmé, že energie získaná ze slunečního záření je nejčistší a nejšetrnější. Naopak nejdiskutovanější v ohledu šetrnosti jsou větrné elektrárny. Chápu, že tyto monstra - jak jsou někdy nazývána - mohou lidem vadit díky jejich hlučnosti a narušení krajinného rázu. Ale nějakou daň za čistotu životního prostředí musíme zaplatit. Nikdy nepochopím smýšlení lidí, kteří se jezdí zdaleka dívat na taková díla jako je Socha svobody nebo Eiffelova věž, ale tak propracovaná a na rozdíl od prvně jmenovaných užitečná díla, jakými jsou větrné elektrárny, jim vadí.

Jestliže se podíváme na princip činnosti a technické charakteristiky OZE, uvidíme jasné pokroky. Tyto pokroky jsou zřejmé například u vodních elektráren, u kterých je doporučovaná rekonstrukce. Ta zahrnuje výměnu staré turbíny za novou, která má vyšší účinnost a tím se zvedne výroba elektrické energie v MVE. Snad

nejvíce viditelný posun vpřed, je zřejmý u zvyšování účinnosti solárních článků. Děje se tak za pomoci nově vyvinutých materiálů. Proto jsem toho názoru, že oblast OZE skýtá do budoucna velké možnosti, které zatím nebyly objeveny a které se díky finančním podporám a velké mediální propagaci mohou rozvíjet. Vždyť až do roku 1961 lidé také nevěřili, že by se mohli podívat do vesmíru. A kam jsme se dostali nyní! Proto budme připraveni na možnost velkých změn, potenciál tu rozhodně je.

Proto byla část mé práce zaměřena právě na potenciál OZE v ČR. Z uvedených informací plyne jasný závěr, že v ČR nejsou nejpříznivější podmínky pro rozvoj OZE. Sluneční svit zde nedosahuje intenzity, jakou se mohou pochlubit například státy jižní Evropy. Vodní potenciál není nejpříznivější, protože ležíme na rozhraní několika povodí a většina řek u nás pramení. A také větrné energii se daří nejvíce v přímořských oblastech, které u nás samozřejmě nenajdeme. Z těchto informací plyne jasný závěr, a to ten, že OZE nejsou u nás z pochopitelných příčin tolik rozšířeny. Avšak co příroda nenadělala u nás, podařilo se v jiných státech. Mezi státy s největší produkcí elektřiny z OZE patří Norsko, Nový Zéland, Costa Rica. Právě posledně jmenovaná Costa Rica je na nejlepší cestě stát se energeticky nezávislá: pouze 1 % elektřiny vyrábí z jiných zdrojů než jsou OZE.

V mé poslední kapitole se zabývám ekonomickým hlediskem výroby elektrické energie z OZE. Je to sice poslední kapitola, ale rozhodně se nedá říci, že by jí to na důležitosti ubíralo, ba naopak: můžeme ji považovat za klíčovou. Pojednává o systému podpor a dotací, bez nichž by se, alespoň prozatím, výroba elektrické energie z OZE neobešla. Zabývám se v ní dvěma nejdůležitějšími podporami - a to systémem výkupních cen a systémem zelených bonusů. Mezi spotřebiteli nejsou určitě tyto systémy vítány, protože díky nim se zvedá průměrná cena elektrické energie, která je v současnosti 4,65 Kč za 1 kWh. Ale tato cena je daň za čistou energii. Mimo tyto dvě podpory je možná i celá řada dalších, například dotace z veřejných zdrojů, dotace z EU či Státní fond životního prostředí.

Jestliže jste se dostali až sem, na samotný závěr mé bakalářské práce, potom doufám, že jsem splnil můj cíl. A to ten, že jste se dozvěděli něco nového o OZE a nebudete patřit mezi ty lidi, které tímto typem výroby elektrické energie opovrhují, a přitom o ní vlastně ani nic neví.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] MOTLÍK, Jan, et al. *Obnovitelné zdroje energie : a možnosti jejich uplatnění v České republice*. Praha: ČEZ, a.s., 2003. 143 s.
- [2] Actum s.r.o. *Obnovitelné zdroje energie* [online]. [citováno 2009-01-23]. Dostupné z: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/>>.
- [3] BECHNÍK, Bronislav. *Zpráva Pačesovy komise z pohledu OZE (II)* [online]. Vydáno: 2008-03-11, [citováno 2009-01-23]. Dostupné z: <<http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5181&h=2&p=49>>
- [4] MOTLÍK, Jan, et al. *Obnovitelné zdroje energie : a možnosti jejich uplatnění v České republice* [online]. Vydáno: 2007, [citováno 2009-01-24]. Dostupné z: <[http://www.cez.cz/edee/content/file/energie\\_a\\_zivotni\\_prostredi/oze\\_CR\\_all\\_17\\_01\\_obalka\\_in.pdf](http://www.cez.cz/edee/content/file/energie_a_zivotni_prostredi/oze_CR_all_17_01_obalka_in.pdf)>
- [5] JAKUBES, Jaroslav, PIKÁLEK, Josef, PROUZA, Libor. *Příručka : obnovitelné zdroje energie* [online]. Vydáno: 10/2006, [citováno 2009-01-24]. Dostupné z: <[http://www.businessinfo.cz/files/2005/061106\\_oborova-prirucka-oze.pdf](http://www.businessinfo.cz/files/2005/061106_oborova-prirucka-oze.pdf)>
- [6] BERANOVSKÝ, Jiří, et al. *Energie větru* [online]. [citováno 2009-01-26]. Dostupné z: <<http://www.i-ekis.cz/?page=vitr>>
- [7] BERANOVSKÝ, Jiří, et al. *Energie větru* [online]. Vydáno: 2007, [citováno 2009-01-28]. Dostupné z: <[http://www.resec.redaks.com/pictures/vetrna\\_energie.pdf](http://www.resec.redaks.com/pictures/vetrna_energie.pdf)>
- [8] ČEZ, a.s. *Elektrárny a životní prostředí : Energie z obnovitelných zdrojů, vítr* [online]. 2009 [citováno 2009-01-26]. Dostupné z: <<http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/energie-z-obnovitelnych-zdroju/vitr.html>>
- [9] Actum s.r.o. *Alternativní zdroje energie : větrné elektrárny* [online]. [citováno 2009-01-9]. Dostupné z: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vetrne-elektrarny.htm>>
- [10] *Větrná energie : Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. 2009-01-27 [citováno 2009-01-9]. Dostupné z: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C4%9Btrn%C3%A1\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C4%9Btrn%C3%A1_energie)>
- [11] *Abeceda malých vodních pohonů* [online]. 2009-01-22 [citováno 2009-02-04]. Dostupné z: <<http://mve.energetika.cz/>>
- [12] Actum s.r.o. *Vodní a tepelné elektrárny : vodní elektrárny v ČR* [online]. [citováno 2009-02-04]. Dostupné z: <<http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz/vodni-elektrarny-cr.htm>>
- [13] ČEZ, a.s. *Elektrárny a životní prostředí : Energie z obnovitelných zdrojů, voda* [online]. 2009 [citováno 2009-02-05]. Dostupné z: <<http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/energie-z-obnovitelnych-zdroju/voda.html>>

- [14] *Vodní elektrárny* : *Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. 2009-01-24 [citováno 2009-02-05]. Dostupné z: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Kategorie:Vodn%C3%AD\\_elektr%C3%A1rny](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kategorie:Vodn%C3%AD_elektr%C3%A1rny)>
- [15] Mates *Vodní energie* [online]. 2007-01-07 [citováno 2009-02-05]. Dostupné z: <<http://www.elektrarny.xf.cz/>>
- [16] Simopt, s.r.o. et al. *Encyklopedie energie : rovnotlaká vodní turbína* [online]. [citováno 2009-02-06] Dostupné z: <[http://www.simopt.cz/energyweb/web/index.php?display\\_page=2&subitem=2&slovník\\_page=rovnotlak\\_vodturb.html&PHPSESSID=03e69601303ae70de11c0be4c04572ea](http://www.simopt.cz/energyweb/web/index.php?display_page=2&subitem=2&slovník_page=rovnotlak_vodturb.html&PHPSESSID=03e69601303ae70de11c0be4c04572ea)>
- [17] BERANOVSKÝ, Jiří, et al. *Energie vody* [online]. Vydáno: 2007, [citováno 2009-02-06]. Dostupné z: <[http://www.resec.redaks.com/pictures/vodni\\_energie.pdf](http://www.resec.redaks.com/pictures/vodni_energie.pdf)>
- [18] Mates *Bankiho turbína* [online]. 2007-01-07 [citováno 2009-02-06]. Dostupné z: <<http://mve.energetika.cz/primotlaketurbin/banki.htm>>
- [19] DUŠEK, Radek. *Základní údaje o Slunci : Vývoj využití slunečního záření v období života na Zemi* [online]. 2001-09-26 [citováno 2009-02-10]. Dostupné z: <<http://mujweb.cz/www/solarnivyvoj/>>
- [20] ČEZ, a.s. *Elektrárny a životní prostředí : Energie z obnovitelných zdrojů, slunce* [online]. 2009 [citováno 2009-02-10]. Dostupné z: <<http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/energie-z-obnovitelnych-zdroju/slunce.html>>
- [21] MURTINGER, Karel. TRUXA, Jan. *Solární energie : pro váš dům*. 2. vyd. Brno: ERA group spol, s.r.o., 2006. ISBN 80-7366-076-8
- [22] Czech RE Agency, o.p.s. *Fotovoltaika pro každého* [online]. [citováno 2009-02-11]. Dostupné z: <<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika#fv>>
- [23] Actum s.r.o. *Alternativní zdroje energie : sluneční elektrárny* [online]. [citováno 2009-02-11]. Dostupné z: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/slunecni-solarni-elektrarny.htm>>
- [24] HUBAL, Vladimír. *Sluneční elektrárna* [online]. Vydáno 2002, [citováno 2009-02-12]. Dostupné z: <[http://mujweb.cz/www/hvladimir/08\\_09/09\\_elektrarny\\_dalsi.html](http://mujweb.cz/www/hvladimir/08_09/09_elektrarny_dalsi.html)>
- [25] BERANOVSKÝ, Jiří, et al. *Energie slunce : výroba elektřiny* [online]. Vydáno: 2007, [citováno 2009-01-28]. Dostupné z: <[http://www.resec.redaks.com/pictures/slunce\\_fotovoltaika.pdf](http://www.resec.redaks.com/pictures/slunce_fotovoltaika.pdf)>
- [26] Energetická návratnost fotovoltaických systému. *Alternativní energie*. 2008, roč. 9, č. 2, s. 14-15
- [27] *Biomasa* : *Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. 2009-03-07 [citováno 2009-03-01]. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Biomasa>>

- [28] BERANOVSKÝ, Jiří, et al. *Energie biomasy* [online]. Vydáno: 2007, [citováno 2009-03-01]. Dostupné z: <<http://www.resec.redaks.com/pictures/biomasa.pdf>>
- [29] SKÁLA, Zdeněk. OCHODEK, Tadeáš. *Energetické parametry biomasy : způsoby energetické konverze biomasy*. 1.vyd. 2007. 91 s. ISBN 978-80-214-3493-6
- [30] BERANOVSKÝ, Jiří, et al. *Kombinovaná výroba elektřiny a tepla* [online]. Vydáno: 2007, [citováno 2009-03-01]. Dostupné z: <<http://www.resec.redaks.com/pictures/kogenerace.pdf>>
- [31] WEGER, Jan. *Biomasa jako zdroj energie* [online]. Vydáno: 2009, 2009-02-27 [citováno 2009-03-01]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz-spalovani-biomasy/odborne-clanky/biomasa-jako-zdroj-energie>>
- [32] POLÁK, Roman. *Podpora výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů* [online]. Vydáno: 2009, 2009-03-02 [citováno 2009-03-30]. Dostupné z: <<http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5454&h=2&pl=49>>
- [33] SRDEČNÝ, Karel. *Výkupní ceny elektřiny u nových větrných a fotovoltaických elektráren v příštím roce klesnou* [online]. Vydáno: 2008, 2009-12-08 [citováno 2009-03-30]. Dostupné z: <<http://www.energetika.cz/index.php?id=71&cl=470>>
- [34] *Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 8/2008* [online]. Vydáno: 2008, 2009-11-18 [citováno 2009-03-30]. Dostupné z: <[http://www.eru.cz/dias-browse\\_articles.php?parentId=39&deep=off&type=>](http://www.eru.cz/dias-browse_articles.php?parentId=39&deep=off&type=>)>
- [35] KOS, Michal. *Úsporné elektrospotřebiče : Dá se výrazněji ušetřit změnou dodavatele elektřiny?* [online]. Vydáno: 2008, [citováno 2009-03-30]. Dostupné z: <<http://www.energeticky.cz/77-da-se-vyrazneji-usetrit-zmenou-dodavatele-elektriny.html>>
- [36] CERMAN, Jiří. *Obnovitelné zdroje: Výkup a zelené bonusy klesnou o 5 %* [online]. Vydáno: 2008, 2009-12-01 [citováno 2009-03-30]. Dostupné z: <<http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/obnovitelne-zdroje-vykup-a-zelene-bonusy-klesnou-o-5.aspx>>

## Seznam použitých zkratek

OZE	obnovitelné zdroje energie
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
MVE	malé vodní elektrárny
VE	vodní elektrárny
PVE	přečerpávací vodní elektrárny
URÚ	Energetický regulační úřad